

Energie- und Treibhausgas-Bilanzierung Bonn Fortschreibung bis 2021



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | <i>Einführung</i> | 3 |
| 2 | <i>Methodik</i> | 3 |
| 2.1 | Territorialprinzip | 3 |
| 2.2 | Kohlendioxid-Äquivalente | 4 |
| 2.3 | Emissionsfaktor für den Strom-Mix | 6 |
| 3 | <i>Datengrundlagen und Datengüte</i> | 6 |
| 4 | <i>Entwicklung des Endenergieverbrauchs</i> | 9 |
| 5 | <i>Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen</i> | 11 |
| 5.1 | Treibhausgas-Emissionen nach Bilanzierungsbereichen | 11 |
| 5.2 | Treibhausgas-Emissionen nach Energieträgern | 12 |
| 6 | <i>Erweiterte Angaben</i> | 14 |
| 6.1 | Lokaler Strom-Mix | 14 |
| 6.2 | Flugemissionen | 16 |
| 7 | <i>Ausblick</i> | 18 |
| 8 | <i>Opendata</i> | 19 |
| 9 | <i>Anhang Tabellen</i> | 20 |



1 Einführung

Die erste CO₂-Bilanz für die Stadt Bonn wurde von der Fraunhofer Gesellschaft (FHG-ISI) im Rahmen des Energie- und Klimaschutzkonzepts 1999 mit Daten des Jahres 1995 erstellt und bezog sich als Referenz auf das Gründungsjahr des Klima-Bündnis 1987. Später erfolgte eine Anpassung auf das international übliche Referenzjahr 1990. Seit 2008 führt die Stadt Bonn eine eigene CO₂-Bilanzierung durch, in die die Daten der Fraunhofer-Erhebung integriert wurden, so dass eine mit dem Referenzjahr 1990 beginnende konsistente Zeitreihe entsteht. Die Bilanzierung wird jährlich fortgeschrieben.

Eine CO₂- oder Treibhausgasbilanz gibt die durch den gesamten Energieverbrauch von privaten Haushalten, Wirtschaft und Verkehr innerhalb definierter Bilanzgrenzen verursachten Treibhausgas-(THG-)Emissionen wieder. Die Bilanzierungsergebnisse sind grundsätzlich nicht witterungskorrigiert, um die tatsächlich emittierten THG-Mengen abzubilden. Lediglich zu Interpretationszwecken der Zeitreihen der Endenergieverbräuche wird eine Witterungskorrektur durchgeführt (s. Abschnitt 4).

Die vorliegende Bilanz stellt die Aktualisierung der Zeitreihen um das Jahr 2021 dar. Im Ergebnis sind die THG-Emissionen 2021 – bezogen auf das Referenzjahr 1990 – um 31 Prozent gesunken und liegen mit insgesamt 2,02 Millionen Tonnen nach einer deutlichen Reduzierung im Jahr 2020 wieder auf dem Niveau von 2019.

2 Methodik

Die vorliegende Bilanzierung erfolgt nach dem „Bilanzierungsstandard Kommunal“ (BISKO). Dieser Standard wurde 2014 vom IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelt. Wesentliche Merkmale des BISKO sind eine strikte territoriale Betrachtungsweise auch des Verkehrsbereichs, die Berücksichtigung auch der Treibhausgase nach Kyoto-Protokoll als Kohlendioxid-Äquivalente sowie eine einheitliche Berücksichtigung des Bundesstrommixes beim Emissionsfaktor für Strom. Basis für die Berechnung der Emissionen sind für alle Bereiche nach wie vor die Endenergieverbräuche. Endenergie ist die Energie, die vom Verbraucher an einem bestimmten Punkt, beispielsweise Erdgaszähler oder Tankstelle, vom Lieferanten abgenommen wird, ohne Transport- und Umwandlungsverluste. Diese werden in weiteren Schritten über entsprechende Faktoren bei der Berechnung der Treibhausgas-Emissionen berücksichtigt.

Die durch die BISKO-Methodik erforderlichen Anpassungen wurden auch auf die früheren Bilanzjahre zurückgerechnet, so dass konsistente Zeitreihen ohne methodische Brüche entstehen.

Im Folgenden sollen die wesentlichen Aspekte des BISKO erläutert werden.

2.1 Territorialprinzip

Im stationären Bereich wurde auch in den bisherigen Bilanzierungen gebietsbezogen bilanziert, das heißt, Basis ist der Endenergieverbrauch von Haushalten, Gebäuden und Infrastruktur innerhalb des Stadtgebietes. Im Verkehrsbereich, insbesondere beim motorisierten Individualverkehr, gibt es erst seit wenigen Jahren gebietsabgegrenzte Fahrleistungsdaten. Grundlage dazu ist eine vom IFEU



Heidelberg zusammen mit dem Umweltbundesamt entwickelte Modellberechnung, die auf Basis von großräumigen Verkehrszählungen und darauf aufgesetzten Berechnungen die Ermittlung von Fahrleistungssummen kommunenscharf für jede Fahrzeugkategorie ermöglicht.

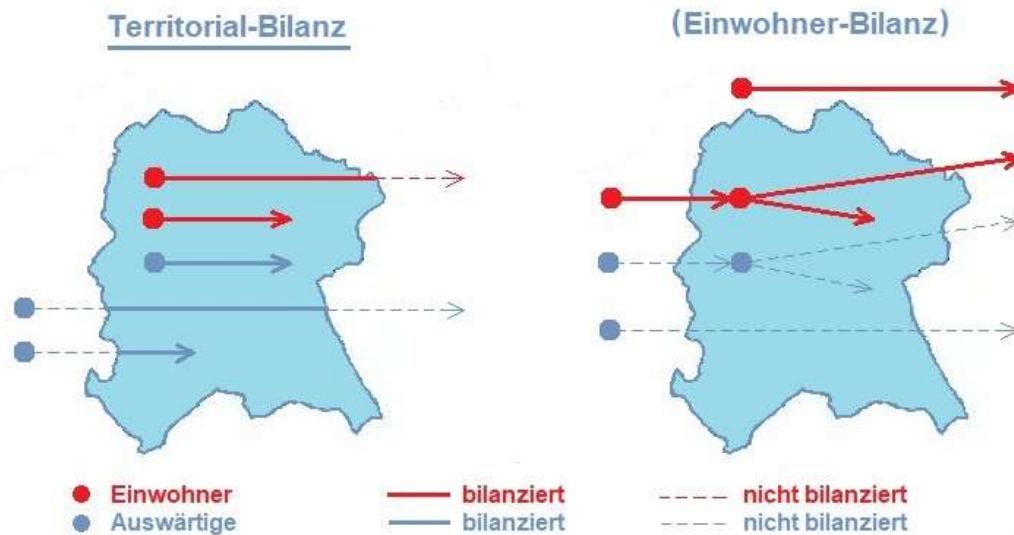


Abbildung 2.1: Unterschiedliche Systemgrenzen bei der Verkehrsbalanzierung

Eine Besonderheit ergibt sich damit aber bei der Bilanzierung des Flugverkehrs. Der territoriale Ansatz berücksichtigt nur den Energieverbrauch von Starts und Landungen auf dem Gebiet der Kommune bis zu einer Flughöhe von 900 m. Weil sich sowohl der Flughafen Köln-Bonn als auch der Verkehrslandeplatz Bonn-Hangelar nicht auf dem Stadtgebiet befinden, bedeutet dies für Bonn, dass nach dieser Methodik keine Flugemissionen bilanziert werden. Die Geschäftsbeteiligungen der Stadt Bonn an beiden Gesellschaften finden hier keine Berücksichtigung. In Abschnitt 6.2 „Flugemissionen“ wird deshalb nachrichtlich über die von Bonner Einwohnerinnen und Einwohner verursachten Flugemissionen berichtet.

2.2 Kohlendioxid-Äquivalente

Neben Kohlendioxid haben auch andere durch natürliche und anthropogene Vorgänge emittierte Gase einen Anteil am Treibhauseffekt, beispielsweise Methan, Lachgas, usw. Ihr Anteil an den Gesamtemissionen ist im Vergleich zum Kohlendioxid sehr gering, ihre Treibhauswirkung aber um ein Vielfaches höher als die des Kohlendioxids.



| Treibhausgase | | |
|---------------------------------------|-------------|------------------------------|
| Treibhausgas | GWP*-Faktor | Anteil am Treibhauspotenzial |
| Kohlendioxid CO ₂ | 1 | 88,2 % |
| Methan CH ₄ | 21 | 6,0 % |
| Lachgas N ₂ O | 310 | 4,2 % |
| Fluorkohlenwasserstoffe HFKW / FKW | 12.400 | 1,7 % |
| Schwefelhexafluorid | 23.500 | |
| Stickstofftrifluorid | 16.100 | |

*: GWP: Global Warming Potential (Treibhauspotenzial bezogen auf CO₂)

Abbildung 2.2: Treibhausgase nach Kyoto-Protokoll

Über sogenannte Treibhauspotenzial-Faktoren (engl. Global Warming Potential- oder GWP-Faktoren) werden die emittierten Mengen der Treibhausgase in ihrer Wirkung auf das Kohlendioxid bezogen. Der GWP-Faktor gibt also an, wie viel eine bestimmte Menge eines Treibhausgases im Vergleich zur gleichen Menge CO₂ in angenommenen 100 Jahren zur globalen Erwärmung beiträgt. Diese Mengen werden als CO₂-Äquivalent auf die Kohlendioxid-Mengen aufgeschlagen. In der Maßeinheit wird dies durch den Zusatz eq verdeutlicht. Abbildung 2.2 zeigt eine Aufstellung der Treibhausgase mit den GWP-Faktoren und den Anteil am Gesamtpotenzial.

Während die hauptsächlich bei Verbrennungsvorgängen freigesetzten Kohlendioxidmengen über die eingesetzten Energiemengen in der Praxis gut zu erfassen sind, ist die separate Erfassung der anderen Treibhausgase nicht so einfach möglich. Im BSKO-Standard werden diese Emissionen deshalb vereinfacht durch einen Aufschlag auf die Emissionsfaktoren (einschließlich Vorkette) berücksichtigt. Die verwendeten Emissionsfaktoren sind also wie folgt zusammengesetzt:

| | | |
|-------|--|--------------------------------|
| | Stoffbezogene Menge Kohlendioxid | gCO₂ / kWh |
| + | Vorkette für Transport und Bereitstellung | gCO₂ / kWh |
| + | GWP-Äquivalente Mengen weiterer THG | gCO₂eq / kWh |
| <hr/> | | |
| = | Treibhausgasäquivalente Menge Gesamt | gCO₂eq / kWh |

Es sei angemerkt, dass der kommunale Bilanzierungsstandard bislang nur die Erfassung energiebedingter Treibhausgasemissionen vorsieht. Sowohl in den Sektoren Industrie (Produktion), als auch die Kommunalen Einrichtungen (Abfall, Abwasser) und im Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (Landwirtschaft) werden auch nicht-energiebedingte Treibhausgasemissionen freigesetzt, deren Erfassung bislang an der Datenverfügbarkeit scheiterte. Der Anteil dieser nicht-energiebedingten



Emissionen ist von Kommune zu Kommune sehr unterschiedlich und kann je nach Profil zwischen 2 % und 20 % der energiebedingten Emissionen betragen. Entsprechend unklar ist noch, wie relevant diese Emissionen im Einzelfall auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität sind. In einer dienstleistungsgeprägten Kommune ohne nennenswerte Landwirtschaft und Industrie wie Bonn wird sich der Anteil eher am unteren Ende bewegen. Eine zukünftige Erfassung der nicht-energetischen Treibhausgase wird aber unabdingbar sein.

2.3 Emissionsfaktor für den Strom-Mix

Nach BSKO ist die Verwendung des Emissionsfaktors für den Bundesstrom-Mix verbindlich vorgegeben. Die Methodik von BSKO stellt den Energieverbrauch und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionsmengen ins Zentrum der Betrachtungen. So wird vornehmlich das Voranschreiten bei der Energiebedarfsminderung in einer Kommune sichtbar.

Dieser Betrachtungsansatz berücksichtigt nicht die Entwicklung der lokalen Erzeugungs-Leistung aus erneuerbaren Energien. Der Ausbau der lokalen erneuerbaren Energie-Erzeugungsleistung ist für die Erreichung der nationalen Klimaschutz-Ziele jedoch eine unverzichtbare Voraussetzung. Aus diesem Grund wird die vorliegende THG-Bilanzierung um die Erfassung des kommunalen Erzeugungs-Mixes und dessen Weiterentwicklung ergänzt. Entsprechend der BSKO-Vorgaben werden Stand und Zubau-Entwicklung lokaler Energie-Erzeugungsanlagen in Abschnitt 6.1 nachrichtlich dargestellt.

3 Datengrundlagen und Datengüte

Die nach BSKO erstellten Treibhausgasbilanzen sollen ein möglichst vollständiges Abbild der Verbrauchs- und Emissionssituation im Stadtgebiet wiedergeben. Dem steht aber eine sehr heterogene Datenverfügbarkeit entgegen. So liegen beispielsweise die Verbräuche der leitungsgebundenen Energieträger Strom, Erdgas und Fernwärme als gemessene Verbrauchsdaten vor und werden unter anderem von den Stadtwerken Bonn als Netzbetreiber nach Bilanzierungssektoren agglomeriert zur Verfügung gestellt. Die Datenverfügbarkeit ist hier für einen Großteil des Gesamtenergieverbrauchs als sehr gut zu bezeichnen. Nicht leitungsgebundene Energieträger wie Heizöl, Flüssiggas oder Festbrennstoffe werden dagegen von den Verbraucherinnen und Verbrauchern am freien Markt beschafft. Eine vollständige Erhebung dieser Verbräuche ist sehr aufwendig und scheitert bislang noch an datenschutzrechtlichen Bestimmungen. Die Ermittlung dieser Verbräuche erfolgt über andere Quellen und zum Teil über statistische Methoden. Diese Ergebnisse sind deshalb mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet und bilden die Situation in Bonn nicht exakt ab. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn spezifische Bonner Maßnahmen in einem bestimmten Bereich zu weitreichenden Verbrauchsreduktionen führen, die signifikant vom Landes- oder Bundesdurchschnitt abweichen. Für das Monitoring der Maßnahmen aus dem Bonner Klimaplan sind Angaben nach der BSKO-Methodik, die die Bonner Realität nicht oder nur sehr unscharf abbilden, nicht geeignet. Abschnitt 7 geht auf diese Frage näher ein.

Um die unterschiedlichen Datenqualitäten im Bilanzergebnis sichtbar zu machen, sind im BSKO-Standard sogenannte Datengüten definiert. Dabei handelt es sich um eine Zahl zwischen 0 und 1, die

die Datenherkunft bewertet und als Metadatum zusammen mit dem jeweiligen Verbrauchswert eingegeben wird. Es sind dabei 4 Datengütestufen festgelegt.

| Datengüte | Beschreibung |
|-----------|---|
| 1,00 | Primärstatistische lokale Daten |
| 0,50 | Regionale Daten hochgerechnet |
| 0,25 | Regionale Daten von Landesebene heruntergerechnet |
| 0,00 | Bundesdurchschnittsdaten |

Abbildung 3.1: Datengüten nach BSKO

Im Endergebnis werden die Datengüten der einzelnen Eingabewerte nach der Größe der Eingabedaten gewichtet gemittelt. Die Gesamtdatengüte der Bilanz 2021 beträgt so 0,79. Zum Vergleich: Für die Ergebnisse der Bilanz 1990 wurde noch eine Gesamt-Datengüte von 0,39 ermittelt. Die nachfolgende Tabelle skizziert, wie die Daten der einzelnen Energieträger der vorliegenden Bilanz ermittelt wurden und gibt die damit verbundene Einordnung der Datengüte an.

| Energieträger | Beschreibung | Datengüte |
|-------------------------------------|--|-----------|
| Kraftstoffe/Strom (Straßenverkehr) | Die Energieverbräuche werden über ein Verkehrsmodell berechnet, das auf Basis der Bundesverkehrswegezählungen auf Autobahnen und übergeordneten Straßen die Verkehrsleistungen auf das Gebiet der Kommune herunterbricht. Das Modell wird vom ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH betrieben und die Daten den Kommunen über das Bilanzierungstool „Klimaschutz-Planer“ zur Verfügung gestellt. | 0,50 |
| Kraftstoffe/Strom (Schienenverkehr) | DB-Daten von der DB Energie werden ebenfalls über das Tool „Klimaschutz-Planer“ kommunenscharf zur Verfügung gestellt. Die Daten für den Bonner Nahverkehr stammen von den Stadtwerken Bonn. | 1,00 |
| Biogase | Hierzu werden lediglich die Faulgasmengen der Bonner Kläranlagen erfasst, die vom Tiefbauamt zur Verfügung gestellt werden. | 1,00 |
| Solarthermie | Datengrundlage bietet die Anzahl und Flächengröße der geförderten Solarthermieanlagen, über eine statistische Hochrechnung wird auch die Anzahl der nicht geförderten Anlagen abgeschätzt. Aus der Gesamtflächengröße wird über statistische Kenngrößen die erzeugte Wärmeenergie ermittelt. | 0,25 |

| | | |
|-------------------|--|------|
| Umweltwärme | Die Anzahl der installierten Wärmepumpen wird aus bundesweiten Statistiken und städtischen Daten zu genehmigten Anlagen ermittelt. Die erzeugte Wärmeenergie wird dann über eine mittlere angenommene Arbeitszahl berechnet. | 0,25 |
| Biomasse | Für die Bonner Situation wird angenommen, dass es sich hier ausschließlich um die Nutzung von Holz als Brennstoff in jeglicher Form handelt. Die Daten stammen aus dem Emissionskataster NRW und werden für die Erhebungsjahre über die nach der 1. BImSchV. erfassten Anlagen ermittelt. Für die Bonner Bilanz werden sie nach statistischen Methoden auf die entsprechenden Sektoren aufgeteilt. Die Daten für die Jahre zwischen den Erhebungen werden entsprechend interpoliert. Die in der Bonner MVA thermisch verwerteten Anteile an Biomasse werden über den Abdampf im Heizkraftwerk Nord zur Fernwärmeproduktion genutzt und gehen hierüber in die Bilanzierung ein. | 0,25 |
| Stein-/Braunkohle | s. Biomasse. Zusätzlich werden hier auch die für das Emissionskataster nach der 4. BImSchV. erfassten Daten der nach dem BImSchG. genehmigungspflichtigen Anlagen für den Bereich Industrie erfasst. | 0,25 |
| Flüssiggas | s. Biomasse und Steinkohle/Braunkohle | 0,25 |
| Fernwärme | Die Fernwärmeverbrauchsdaten werden sektorenscharf von den Stadtwerken zur Verfügung gestellt. Die Ermittlung des Emissionsfaktors erfolgt unter Zugrundelegung der eingesetzten Energiemengen von Erdgas und Mülldampf im HKW sowie der produzierten Strom- und ausgekoppelten Wärmemengen nach der im BSKO vorgegeben exergetischen Methode. | 1,00 |
| Erdgas | Auch die Erdgasverbrauchsdaten werden von den Stadtwerken sektorenscharf zur Verfügung gestellt. | 1,00 |
| Heizöl | Die Heizölverbräuche werden vom LANUV in den Erhebungsjahren für das Emissionskataster erfasst. Hier ebenfalls für die nicht genehmigungspflichtigen und die genehmigungspflichtigen Anlagen. Für die Bonner Bilanzierung erfolgt wiederum eine statistische Aufteilung der Sektoren und eine Interpolation. | 0,25 |
| Strom | Auch die Stromverbrauchsdaten werden von den Stadtwerken sektorenscharf zur Verfügung gestellt. | 1,00 |

Abbildung 3.2: Datengüten der Energieträger Bilanzierung Bonn 2021



4 Entwicklung des Endenergieverbrauchs

2021 betrug der gesamte absolute Endenergieverbrauch in Bonn rund 6,55 Millionen Megawattstunden und liegt damit nach einer deutlichen zu großen Teilen Corona-bedingten Minderung wieder in etwa auf dem Niveau von 2019 (Abbildung 4.1).

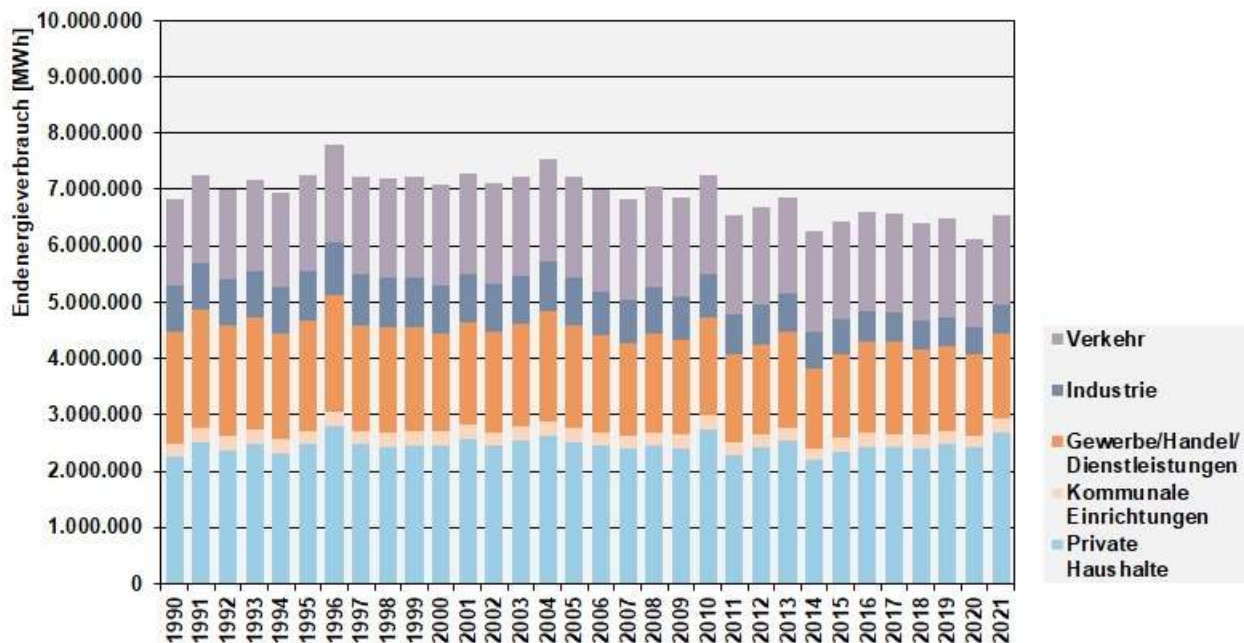


Abbildung 4.1: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Bereichen
Absolute Werte

Weiterhin leichte Abnahmen in den Wirtschafts-Sektoren steht ein in den letzten 10 Jahren stetig ansteigender Endenergieverbrauch im Bereich der privaten Haushalte gegenüber, der in 2021 wieder über dem Niveau von 1990 lag. Hier scheinen sich deutliche Rebound-Effekte abzuzeichnen, die Einsparungen durch Effizienzsteigerungen wie beispielsweise durch den vermehrten Einsatz von LED-Technik bei der Beleuchtung durch Mehrverbrauch in anderen Bereichen wieder zunichtemachen. Insgesamt wird der Rückgang des gesamten stationären Energieverbrauchs von jährlich 5,29 Millionen Megawattstunden im Jahr 1990 auf 4,96 Millionen Megawattstunden in 2021 zum größten Teil durch die Wirtschafts-Sektoren getragen.

Abbildung 4.2 zeigt die Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Relation zur Basis im Jahr 1990 (100%). Für eine Normierung der Einwohnerzahlen wurde der Pro-Kopf-Endenergieverbrauch in 1990 als Basis verwendet und die Pro-Kopf-Verbräuche der Folgejahre werden als relative Veränderung zu dieser Basis abgebildet. Zur Bereinigung witterungsbedingter Einflüsse wurden die zur Gebäudeheizung genutzten Energieanteile um Faktoren korrigiert, die aus den Abweichungen der Tagesstemperaturmittelwerte des betreffenden Jahres zum langjährigen Mittel errechnet wurden.



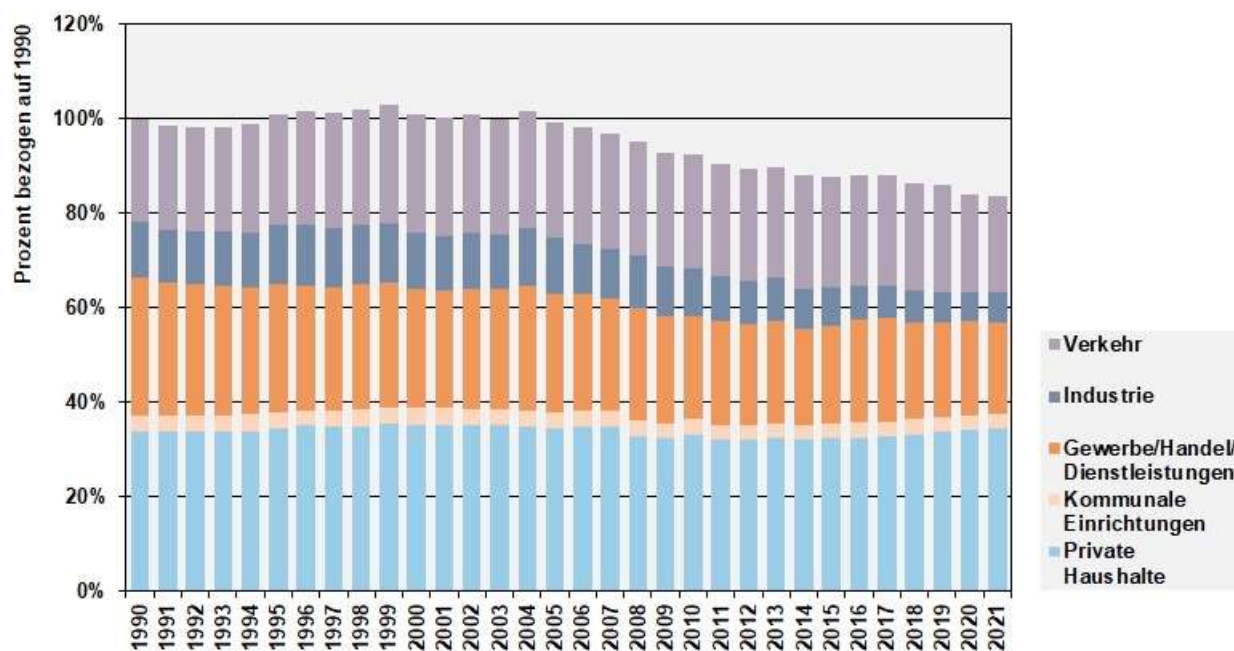


Abbildung 4.2: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Bereichen
Einwohnerbezogen- und Witterungskorrigiert

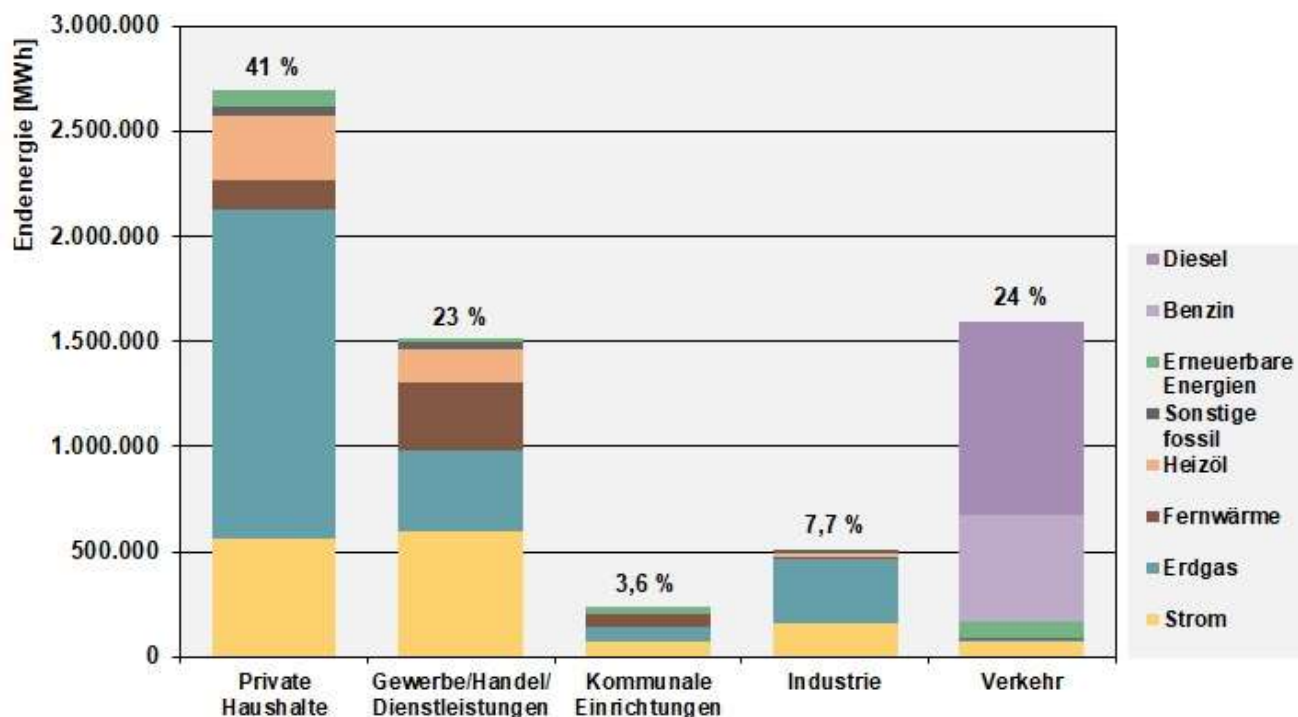


Abbildung 4.3: Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Bereichen 2021



Die Aufteilung der Energieträger innerhalb der einzelnen Bereiche zeigt Abbildung 4.3. Es ist zu erkennen, dass die Sektoren Private Haushalte mit jetzt 41 % und Wirtschaft mit rund 31 % am Gesamtendenergieverbrauch beteiligt sind. Im Sektor Wirtschaft liegt dabei der Schwerpunkt mit 1,52 Millionen Megawattstunden auf dem Bereich Gewerbe/Handel/Dienstleistungen gegenüber dem Bereich Industrie/Rohstoffe/Produktion mit 0,51 Millionen Megawattstunden. Der Bereich Verkehr hatte im Jahr 2021 einen Anteil von knapp 24 Prozent am Gesamt-Endenergieverbrauch.

5 Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen

Die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen erfolgt auf Basis des Endenergieverbrauchs, aber unter Berücksichtigung der sogenannten Vorkette, also auch der Emissionen, die bei Energieerzeugung, -transport und -bereitstellung entstehen sowie einem Äquivalenz-Aufschlag für die übrigen Treibhausgase. Für die entsprechenden Emissionsfaktoren wird überwiegend auf Daten der GEMIS-Datenbank und auf Studien des Umweltbundesamtes zurückgegriffen.

5.1 Treibhausgas-Emissionen nach Bilanzierungsbereichen

Die absoluten CO₂-Emissionen haben sich im Bilanzierungszeitraum von rund 2,92 Mio. Tonnen in 1990 auf 2,02 Mio. Tonnen in 2021 um 31 % verringert und liegen damit wieder in der Größenordnung von 2019. Mögliche Ursachen dafür lassen sich beim Blick auf die einzelnen Energieträger in Abschnitt 5.2 erkennen.

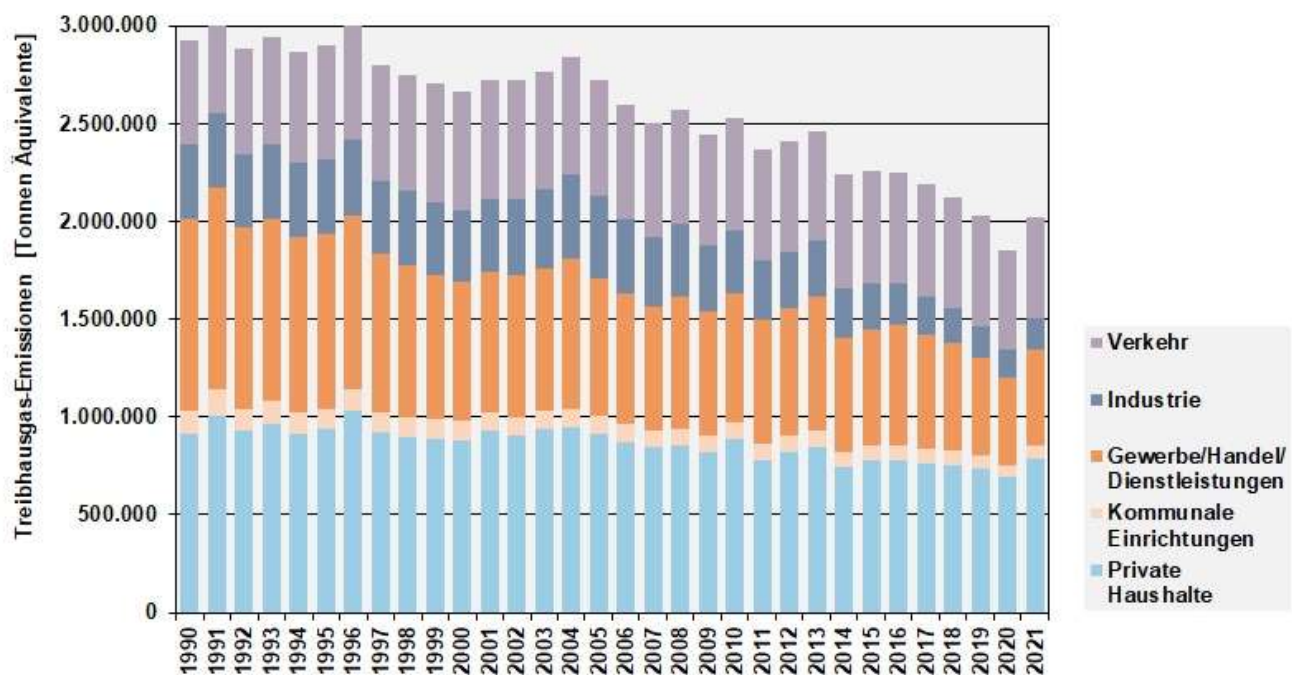


Abbildung 5.1: Treibhausgas-Emissionen nach Bereichen



5.2 Treibhausgas-Emissionen nach Energieträgern

Abbildung 5.2 zeigt die absoluten Treibhausgas-Emissionen der einzelnen Energieträger über alle Bereiche. Die Emissionen des Stromverbrauchs sind im Betrachtungszeitraum bei annähernd konstantem Verbrauch um rund 47 % zurückgegangen. Der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromproduktion in Deutschland ist in den letzten Jahren deutlich angestiegen und erreichte im Jahr 2020 durch günstige Witterung und geringeren Stromverbrauch sein vorläufiges Maximum mit 45 Prozent. Pro Kilowattstunde Stromverbrauch wurden 429 g an Treibhausgasen freigesetzt. Im Jahr 2021 setzt sich dieser Trend nicht fort, der Treibhausgasemissionsfaktor liegt mit 472 gCO₂eq pro/kWh wieder auf dem Niveau von 2019.

Auch die Emissionen aus der Fernwärme sind durch den Umstieg auf Erdgas und Mülldampf und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung im Heizkraftwerk Nord deutlich reduziert worden. Deutlich sinkende Tendenzen sind auch beim Verbrauch von Heizöl und Kohle zu erkennen. Diese werden jedoch erkaufte mit einem stagnierenden hohen Emissionsniveau beim Energieträger Erdgas. Mit 575.000 Tonnen waren die durch die Verbrennung von Erdgas verursachten Treibhausgasemissionen höher als 1990 (530.000 Tonnen). Die in den letzten Jahren praktizierte Vorgehensweise, ausgediente Heizölanlagen durch neue Erdgasheizungen zu ersetzen, muss vor dem Ziel des vollständigen Ausstiegs aus fossiler Energieumwandlung grundsätzlich infrage stehen.

Auch im Verkehrssektor dominieren nach wie vor die fossilen Kraftstoffe das Emissionsgeschehen. Hauptemittent stellt hier der Straßenverkehr dar. Der Anteil biogener Kraftstoffe durch Beimengungen von Bioethanol bzw. Biodiesel betrug 2021 4,8 Prozent bzw. 6,3 Prozent.

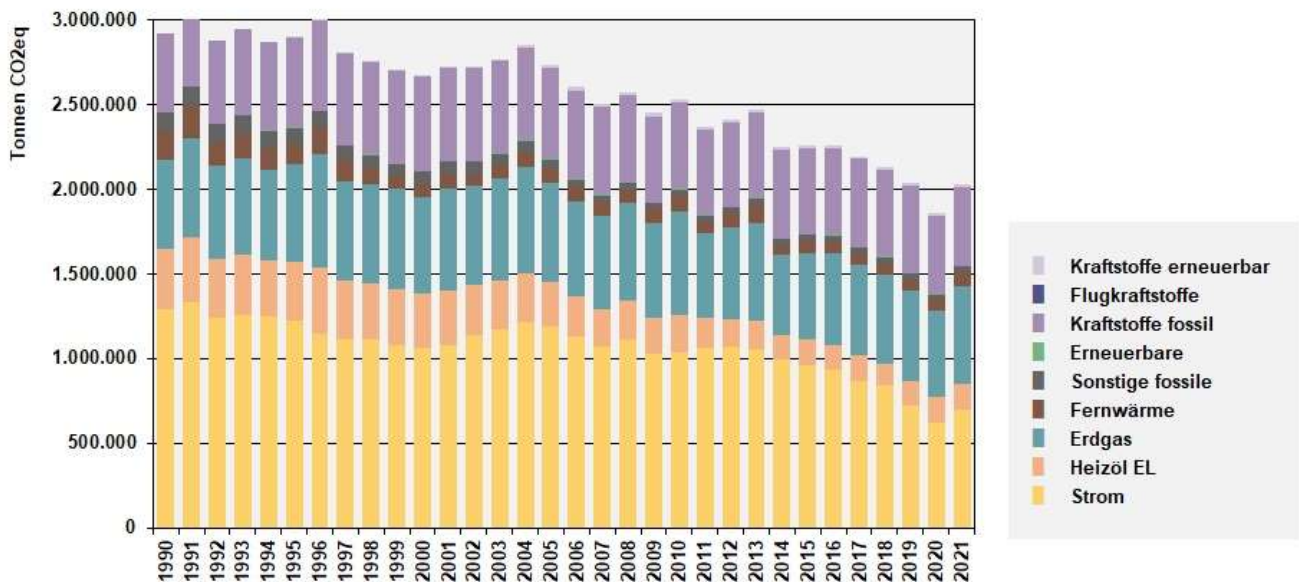


Abbildung 5.2: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen nach Energieträgern

Den Bemühungen um eine Reduzierung der gesamtstädtischen Treibhausgasemissionen steht ein stetiges Wachstum der in Bonn wohnenden Bevölkerung entgegen. Um die erreichten Minderungen davon losgelöst zu betrachten, werden im Folgenden die Emissionsmengen um den



Bevölkerungszuwachs korrigiert. Die Abbildung 5.3 zeigt also die Emissionsminderungen seit 1990 bei angenommen konstant gebliebener Bevölkerungszahl. Da die Werte nicht mehr den tatsächlichen Mengen entsprechen, erfolgt die Angabe in Prozent bezogen auf das Jahr 1990. Unter dieser Annahme hätten sich die Treibhausgasemissionen seit 1990 um 37 Prozent reduziert.

Auf eine Angabe der Emissionen pro Kopf wird bewusst verzichtet. Die nach BSKO gebietsbezogenen Gesamtemissionen entsprechen nicht den von einer Bonner Einwohnerin oder einem Bonner Einwohner verursachten Treibhausgasemissionen. Hierzu ließen sich allenfalls die Emissionen des Bereichs Private Haushalte in Form von Heizenergie und Stromverbrauch heranziehen. Einwohnerinnen und Einwohner einer Kommune verursachen Treibhausgasemissionen im wesentlichen auch durch Ernährung und Konsum. Diese Emissionen werden aber zum größten Teil nicht auf dem Territorium einer Kommune freigesetzt, sondern in anderen Regionen oder sogar in anderen Ländern. Man spricht hier auch von importierten Emissionen, die nach BSKO dort bilanziert werden, wo sie entstehen. Bonn hat durch seine dienstleistungsorientierte Prägung einen relativ geringen Anteil an produzierendem Gewerbe, was zu insgesamt vergleichsweise niedrigen Emissionen im Bereich Industrie führt. Es gibt andere Bilanzierungsansätze wie den sogenannten CO₂-Fußabdruck, die von einzelnen Menschen verursachte Emissionen besser darstellen. Diese Berechnungen basieren aber auf dem Herunterbrechen statistischer Daten und sind für ein kleinräumiges Monitoring auf kommunaler Ebene nicht brauchbar.

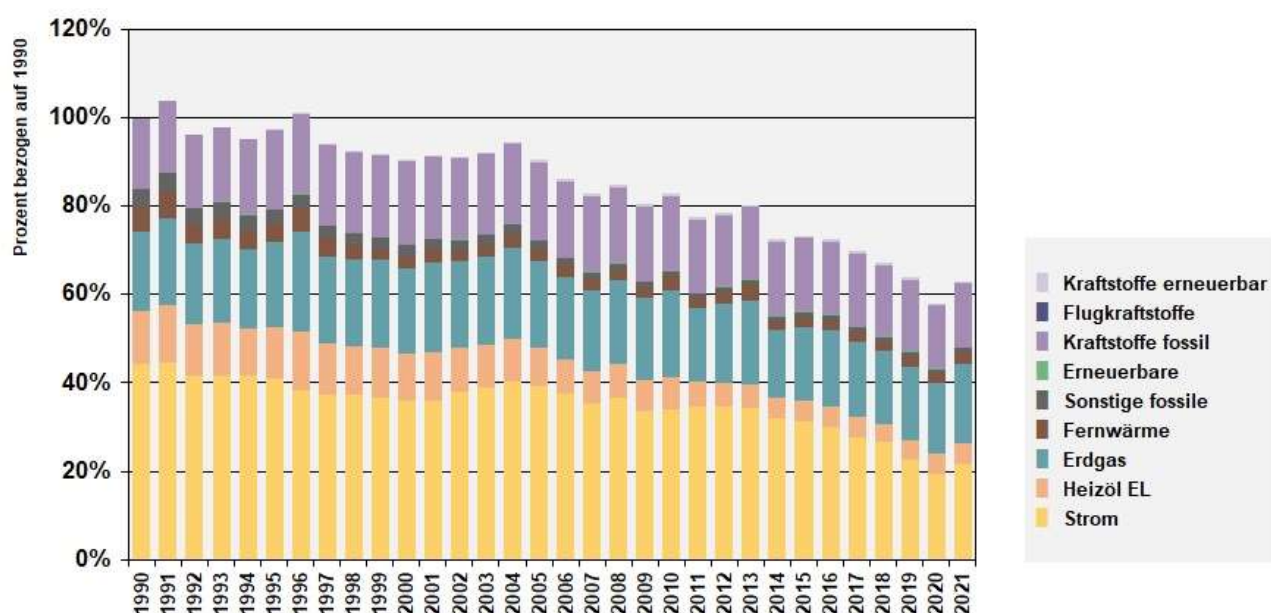


Abbildung 5.3: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen unter Berücksichtigung des Einwohnerzuwachses

6 Erweiterte Angaben

Wie in Abschnitt 2 „Methodik“ erwähnt, macht der Kommunale Bilanzierungsstandard BSKO strikte Vorgaben in Bezug auf die territoriale Betrachtungsweise. Dadurch werden im Ergebnis aber einige Bereiche wesentlicher kommunaler Entwicklungen nicht dargestellt. Insbesondere sind dies die Veränderungen im lokalen Strom-Erzeugungsmix (kommunaler Beitrag zur Hebung des bundesweiten erneuerbaren Stromerzeugungspotenzials) und die durch Flüge verursachten Emissionen, die im Folgenden nachrichtlich beschrieben werden.

6.1 Lokaler Strom-Mix

In Abschnitt 2.3 „Emissionsfaktor für den Strom-Mix“ wird beschrieben, warum der BSKO-Standard die Verwendung des Emissionsfaktors für den nationalen Strom-Mix vorgibt. Im Folgenden wird ergänzend dargestellt, welche Strommengen im Bonner Stadtgebiet lokal produziert werden.

Lokale Energieerzeugung aus fossiler Kraft-Wärme-Kopplung und Müllverbrennung

Im Heizkraftwerk Nord der SWB Energie und Wasser GmbH wird Strom aus Erdgas und Mülldampf unter Auskopplung von Fernwärme erzeugt. Die Nutzung von Abwärme der Stromproduktion zu Heizzwecken führt durch einen hohen Gesamtwirkungsgrad zu niedrigeren Emissionsfaktoren. Die Gas- und Dampfturbinenanlage des Heizkraftwerks mit einer Leistung von 98,2 MW hat im Jahr 2021 363.000 MWh Strom erzeugt, das sind 25,2 % des Gesamtverbrauchs in Bonn. Dabei wurden 613.000 MWh Fernwärme ausgekoppelt.

Mit Stand 2021 waren in Bonn etwa 150 Blockheizkraftwerke (BHKWs) mit einer elektrischen Leistung zwischen 1 und 2.000 kW in Betrieb. Diese erzeugten rund 50 MWh Strom. Das entspricht etwa 3,6 Prozent des Gesamtverbrauchs.

Lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Ebenfalls Stand 2021 waren in Bonn 2.210 Photovoltaikanlagen mit einer gesamten Leistung von 24,7 MW(p) installiert. Das Leistungsspektrum der einzelnen Anlagen reicht dabei von 0,6 kW(p) bis 500 kW(p)). Die erzeugte Jahresstromproduktion betrug rund 20.000 MWh. Das entspricht etwa 1,4 Prozent des Gesamtverbrauchs. Etwa 4.000 MWh des Solarstroms (davon 27 MWh aus PV-Steckergeräten) wurde vor Ort direkt verbraucht, der übrige Teil ins Netz eingespeist.

Der Anteil mittels Photovoltaik erzeugten Stroms ist im Verhältnis zum Potenzial noch sehr gering. Das Solardachkataster NRW weist für das Stadtgebiet Bonn ein theoretisches PV-Erzeugungspotenzial von jährlich 673.000 MWh aus. Mit Stand 2021 war dieses Potenzial also zu etwa 3 % erschlossen.

Die in den Folgejahren durch entsprechende Maßnahmen erreichten Zuwächse sind im Rahmen dieser Berichterstellung bisher nicht abgebildet. 2023 wurde mit 45,6 MW(p) Anlagenleistung bereits 37 MWh PV-Strom erzeugt, das entspricht 5,5 % des theoretischen Potenzials. Hierzu sei auf die aktuellen Informationen auf den städtischen Internetseiten¹ zu diesem Thema verwiesen.

¹ <https://www.bonn.de/pressemitteilungen/februar-2024/bonn-hat-2023-pv-ausbau-verdreifacht-jetzt-foerderung-beantragen.php> Link zur PM Solarausbau hier einfügen, Letzter Zugriff 21.03.2024

Abbildung 6.1 zeigt die Mengenanteile des Bonner Stromverbrauchs hinsichtlich Bezug aus dem übergeordneten Netz (Bundesmix) und der lokalen Produktion in Bonn. Der Bezug aus dem übergeordneten Netz ist dabei noch mal differenziert nach konventionellem / fossilem Anteil (Kohle, Erdgas, Öl, grau) und erneuerbarem Anteil (hellgrün). Die Zunahme der Produktion aus erneuerbaren Energien ist hier gut zu sehen. Darüber sind die lokal erzeugten Strommengen dargestellt. Deutlich zu erkennen ist hier der deutliche Anstieg der Strommengen aus dem Heizkraftwerk der SWB EnW im Jahr 2014 nach dem Umbau auf Gas- und Dampfturbinen-Technik (GuD).

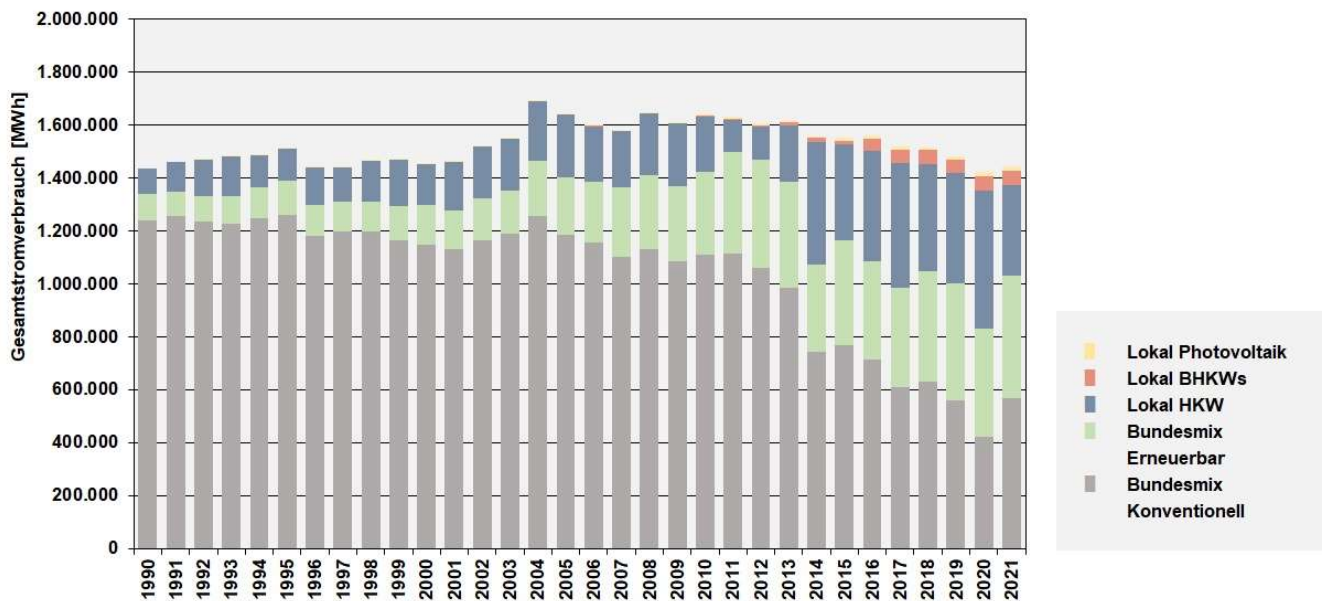


Abbildung 6.1: Stromzusammensetzung in Bonn - Mengenanteile

Aus den spezifischen Treibhausgasemissionen der einzelnen Energieträger für die Stromproduktion lässt sich unter Berücksichtigung der Mengenanteile der Gesamtemissionsfaktor des Stroms errechnen. Abbildung 6.2 zeigt diese Werte. Da die Emissionsfaktoren der erneuerbaren Anteile naturgemäß sehr gering sind, hier kommen im Wesentlichen die Vorkettenemissionen zum Tragen, wird der Gesamtemissionsfaktor hauptsächlich aus den fossilen Anteilen gebildet. Im Bundesmix sind das Kohle und Erdgas, Im Heizkraftwerk erfolgt die Stromproduktion aus einer Kombination aus Erdgas und Dampf aus der benachbarten Müllverwertungsanlage. Auch der Anteil der bei der Verbrennung aus nicht biogenem Abfall verursachten Emissionen ist hier enthalten.

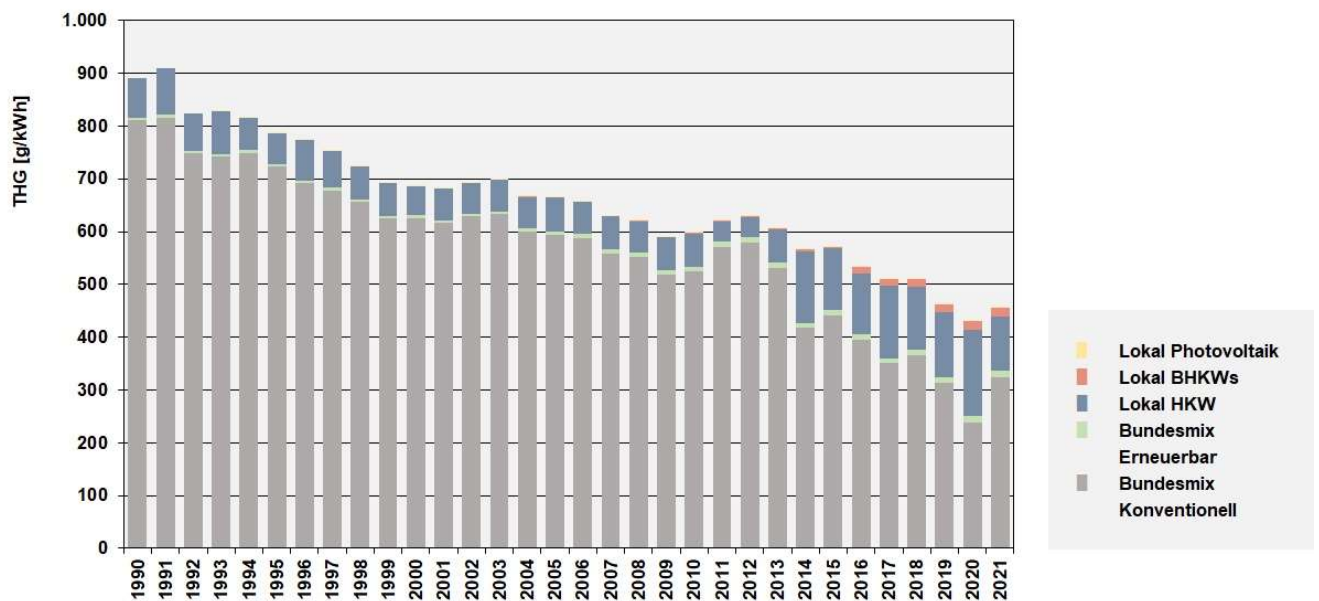


Abbildung 6.2: Strom-Emissionsfaktor Bonn unter Berücksichtigung der lokalen Erzeugung

6.2 Flugemissionen

In Abschnitt 2.1 „Territorialprinzip“ wurde auch beschrieben, dass nach dem BSKO-Standard keine Flugemissionen für Bonn dargestellt werden. Der territoriale Ansatz berücksichtigt nur den Energieverbrauch von Starts und Landungen von einem Flughafen auf dem Gebiet einer Kommune bis zu einer Flughöhe von 900 m. Diese Daten sind zwar für alle Verkehrsflughäfen und -landeplätze verfügbar, aber sowohl der Flughafen Köln-Bonn als auch der Verkehrslandeplatz Bonn/Hangelar befinden sich nicht auf Bonner Stadtgebiet. Es sollen deshalb an dieser Stelle nachrichtlich die Flugemissionen dargestellt werden, die von Bonner Bürgerinnen oder Bürger außerhalb der BSKO-Methodik verursacht wurden.

Nach den pandemiebedingten Einbrüchen im Jahr 2020 hat sich die Passagierluftfahrt in 2021 noch keinesfalls wieder dem Niveau von 2019 angenähert. Wenn davon ausgegangen wird, dass sich das Reiseverhalten der Bonnerinnen und Bonner nicht wesentlich vom bundesweiten Durchschnitt unterscheidet, haben die Einwohnerinnen und Einwohner Bonns im statistischen Mittel eine Strecke von etwa 85.000 km mit dem Flugzeug zurückgelegt (Quelle: UBA – Verkehrsleistungen in Deutschland; Flugkilometer 2021: 23,4 Mrd. Personenkilometer).

Aus spezifischen Faktoren für Kerosinverbrauch und -emissionen lassen sich daraus auf die Bonner Einwohnerinnen und Einwohner heruntergebrochen Flugemissionen von 10.400 Tonnen im Jahr 2021 ermitteln. Zur Berücksichtigung des Global Warming Potentials der Non-CO₂-Emissionen, insbesondere der Emissionen in Flughöhen über 9 km, wird dieser Wert mit einem Faktor von 2,7 multipliziert. Die Herleitung dieses Faktors ist in einer Publikation der atmosfair gGmbH beschrieben (atmosfair Flug-Emissionsrechner - Dokumentation der Methode und Daten -

<https://www.atmosfair.de/wp-content/uploads/flug-emissionsrechner-dokumentation-berechnungsmethode-1.pdf>). Die atmosfair gGmbH berücksichtigt diese Aspekte bei der Berechnung von Kompensationsbeiträgen für Flugreisen.

Die Gesamt-Emissionen aus Flugreisen betragen also für Bonn im Jahr 2021 rund 28.000 Tonnen an CO₂-Äquivalenten, das entspricht pro Kopf 83 kg. Zum Vergleich, für einen Hin und Rückflug von Köln-Bonn in den Mittelmehrraum mit einer Gesamtstrecke von 2.700 km errechnet atmosfair Flugemissionen von 630 kg CO₂-Äquivalente.

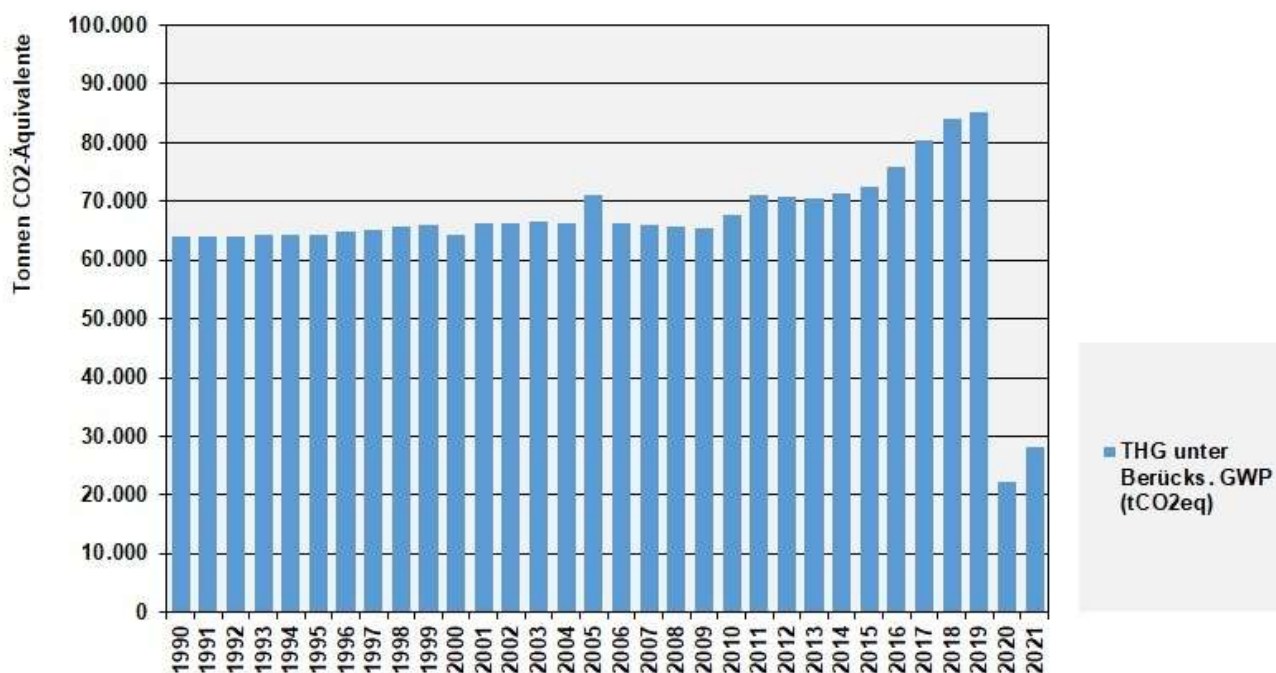


Abbildung 6.1: Verursachte Treibhausgasemissionen durch Flugreisen Bonner Bürgerinnen und Bürger



7 Ausblick

Im sogenannten European Green Deal haben sich die Staats- und Regierungschefs der Europäischen Union im Dezember 2019 zum Ziel der Klimaneutralität bis 2050 bekannt. Die Stadt Bonn hat mit dem Beschluss des Hauptausschusses zur Klimaneutralität bis 2035 dem Erreichen dieses Ziels noch eine deutlich größere zeitliche Dringlichkeit vorgegeben. Zur Umsetzung des Beschlusses hat die Stadt Bonn den Klimaplan 2035 erarbeitet, dessen Umsetzung im März 2023 vom Rat der Stadt Bonn beschlossen wurde. Der Klimaplan 2035 zeigt auf, wie unter Einhaltung eines 1,5 Grad-konformen CO₂-Budgets eine Klimaneutralität bis 2035 erreicht werden kann (s. Abbildung 7.1).

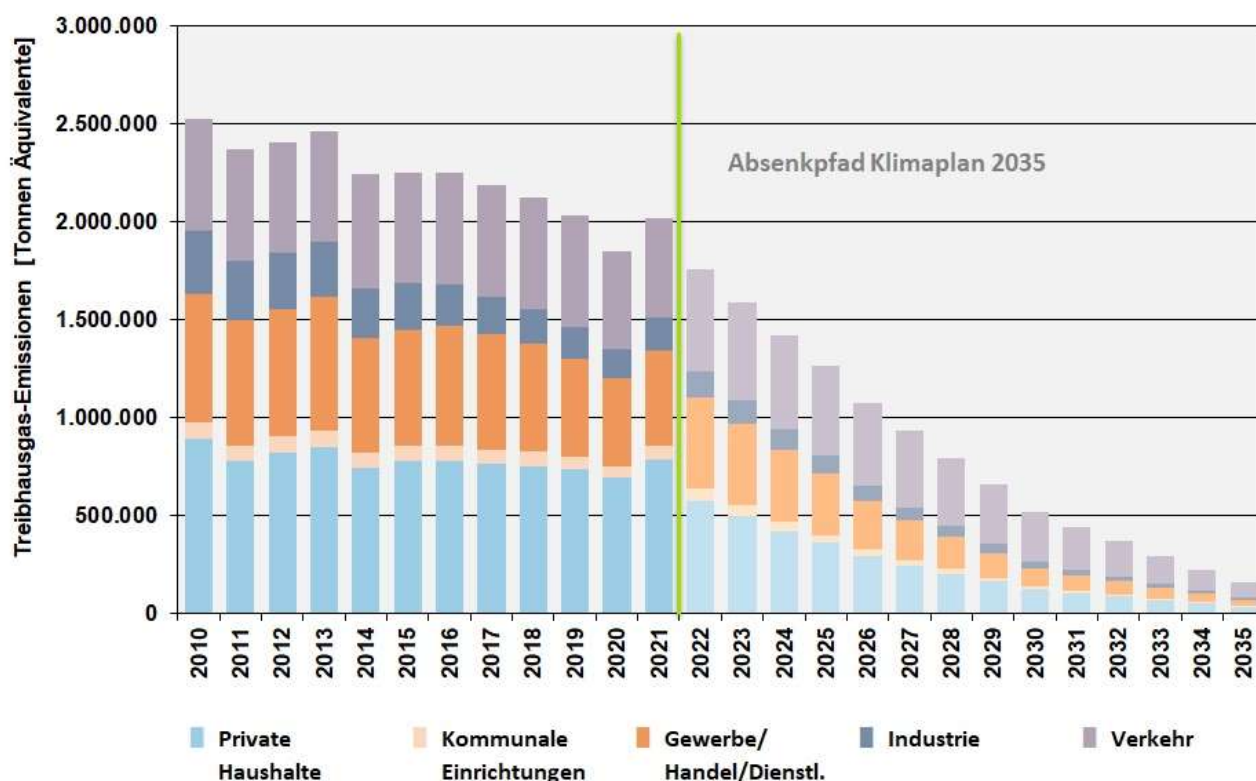


Abbildung 7.1: Absenkpfad der Treibhausgasemissionen nach Klimaplan 2035

Der Klimaplan definiert als Strategie klare Ziele und Entwicklungspfade bis zur Klimaneutralität 2035. Und er enthält ein konkretes „Arbeitsprogramm Klimaschutz“ mit 67 einzelnen Aktivitäten für zunächst drei Jahre, die im Bereich der kommunalen Handlungsmöglichkeiten umsetzbar sind. Als Basis für die Definition einer Klima- oder Treibhausgasneutralität und als Messlatte für die Zielerreichung dient die städtische Treibhausgasbilanzierung nach der BSKO-Methodik.

Auf die Ergebnisse der vorliegenden Treibhausgasbilanz 2021 haben die Klimaplanaktivitäten demzufolge noch keinen Einfluss. Zudem liegen die Ergebnisse eines Bilanzjahres aufgrund der Komplexität und der Datenverfügbarkeit erst mit einer Verzögerung von zwei bis drei Jahren vor. Es ist auch davon auszugehen, dass sich die Wirkung von Maßnahmen auf eine messbare



Treibhausgasminderung erst nach mehreren Jahren einstellt. In Abschnitt 3 Datengrundlagen und Datengüte wird außerdem beschrieben, dass die nach BSKO-Standard zu verwendenden Daten in Teilen die Bonner Situation, insbesondere dann, wenn sie sich beispielsweise durch erfolgreiche Maßnahmen deutlich vom Landesdurchschnitt abhebt, nicht ausreichend abbilden kann. In der Summe bedeutet dies, dass sich die tatsächliche Auswirkung der kommunalen Klimaschutz-Aktivitäten nicht ausreichend in einer Treibhausgasbilanz nach dem bundesweiten BSKO-Standard abbilden lassen.

Für das Monitoring der Klimaplan-Aktivitäten wird deshalb die Darstellung der Energie- und THG-Bilanzergebnisse nach BSKO-Standard zukünftig um maßnahmenspezifische Kennwerte erweitert, die Umsetzungsstand und Wirkung von Klimaplan-Aktivitäten zeigen. Eine gemeinsame Darstellung der beiden Informations-Ebenen THG-Bilanz nach BSKO-Standard und Entwicklungen auf dem Weg zur Klimaneutralität entsteht aktuell in Form einer Plattform „Bonner Klimakompass“, die online auf den Webseiten der Stadt Bonn zu finden sein wird.

8 Opendata

Dieser Bericht sowie ein Tabellenanhang im Excel-Format werden auch auf dem Portal „Offene Daten Bonn“ unter opendata.bonn.de zum Download bereitgestellt.

9 Anhang Tabellen

Stadt Bonn - Programmbüro Klimaneutrales Bonn 2035 - Energie- und THG-Bilanz 1990 - 2021 - Tabellen

Inhalt

1. Endenergieverbrauch insgesamt

1.1 Endenergie insgesamt nach Energieträgern

1.2 Endenergie insgesamt nach Bereichen

2. Endenergieverbrauch der Verbrauchssektoren nach Energieträgern

2.1 Private Haushalte

2.2 Gewerbe/Handel/Dienstleistungen

2.3 Kommunale Einrichtungen

2.4 Industrie

2.5 Verkehr

3. Kohlendioxid insgesamt

3.1 Kohlendioxid insgesamt nach Energieträgern

3.2 Kohlendioxid insgesamt nach Bereichen

4. Kohlendioxidemissionen der Verbrauchssektoren nach Energieträgern

4.1 Private Haushalte

4.2 Gewerbe/Handel/Dienstleistungen

4.3 Kommunale Einrichtungen

4.4 Industrie

4.5 Verkehr



1. Endenergieverbrauch insgesamt**1.1 Endenergie insgesamt nach Energieträgern**

| Energieträger | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Endenergieverbrauch in Gigawattstunden | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strom | 1.481 | 1.499 | 1.691 | 1.692 | 1.679 | 1.656 | 1.667 | 1.606 | 1.601 | 1.611 | 1.569 | 1.583 | 1.550 | 1.485 | 1.476 |
| Heizöl | 1.104 | 1.000 | 821 | 692 | 551 | 513 | 529 | 433 | 462 | 459 | 461 | 405 | 441 | 443 | 486 |
| Erdgas | 2.064 | 2.223 | 2.262 | 2.437 | 2.002 | 2.180 | 2.308 | 1.906 | 2.063 | 2.178 | 2.177 | 2.124 | 2.154 | 2.048 | 2.326 |
| Fernwärme | 387 | 391 | 515 | 565 | 454 | 490 | 523 | 421 | 456 | 487 | 492 | 468 | 480 | 447 | 524 |
| Kohle | 182 | 94 | 68 | 39 | 33 | 29 | 29 | 27 | 25 | 23 | 21 | 20 | 17 | 15 | 19 |
| Sonstige Konventionelle | 106 | 112 | 87 | 62 | 59 | 66 | 72 | 66 | 72 | 76 | 76 | 76 | 77 | 72 | 80 |
| Erneuerbare Energien | 33 | 39 | 61 | 96 | 84 | 87 | 93 | 81 | 87 | 89 | 91 | 89 | 91 | 95 | 136 |
| Benzin incl. Biobenzin | 936 | 979 | 820 | 709 | 697 | 671 | 651 | 640 | 609 | 601 | 598 | 595 | 604 | 531 | 524 |
| Diesel incl. Biodiesel | 539 | 759 | 903 | 967 | 968 | 973 | 986 | 1.066 | 1.032 | 1.053 | 1.076 | 1.060 | 1.071 | 968 | 983 |
| Insgesamt | 6.830 | 7.096 | 7.228 | 7.258 | 6.527 | 6.665 | 6.857 | 6.246 | 6.407 | 6.578 | 6.562 | 6.421 | 6.485 | 6.103 | 6.553 |

1.2 Endenergie insgesamt nach Bereichen

| Bereiche | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Endenergieverbrauch in Gigawattstunden | | | | | | | | | | | | | | | |
| Private Haushalte | 2.255 | 2.446 | 2.518 | 2.721 | 2.269 | 2.407 | 2.521 | 2.178 | 2.338 | 2.423 | 2.406 | 2.392 | 2.470 | 2.396 | 2.697 |
| Gewerbe/Handel/Dienstl. | 1.968 | 1.742 | 1.826 | 1.750 | 1.576 | 1.604 | 1.684 | 1.417 | 1.489 | 1.618 | 1.630 | 1.543 | 1.522 | 1.435 | 1.518 |
| Kommunale Einrichtungen | 243 | 252 | 243 | 255 | 226 | 231 | 241 | 215 | 235 | 243 | 240 | 231 | 228 | 218 | 235 |
| Industrie | 822 | 847 | 844 | 766 | 700 | 688 | 686 | 643 | 616 | 550 | 524 | 511 | 502 | 473 | 507 |
| Verkehr | 1.543 | 1.809 | 1.796 | 1.766 | 1.756 | 1.735 | 1.725 | 1.793 | 1.730 | 1.744 | 1.762 | 1.744 | 1.763 | 1.581 | 1.596 |
| Insgesamt | 6.830 | 7.096 | 7.228 | 7.258 | 6.527 | 6.665 | 6.857 | 6.246 | 6.407 | 6.578 | 6.562 | 6.421 | 6.485 | 6.103 | 6.553 |

2. Endenergieverbrauch der Verbrauchssektoren nach Energieträgern**2.1 Private Haushalte**

| Energieträger | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Endenergieverbrauch in Gigawattstunden | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strom | 462 | 495 | 551 | 559 | 542 | 545 | 543 | 540 | 544 | 547 | 551 | 554 | 547 | 548 | 563 |
| Heizöl | 441 | 490 | 480 | 415 | 318 | 318 | 324 | 261 | 276 | 273 | 270 | 242 | 282 | 290 | 309 |
| Erdgas | 1.157 | 1.250 | 1.274 | 1.523 | 1.224 | 1.344 | 1.440 | 1.198 | 1.319 | 1.398 | 1.385 | 1.397 | 1.434 | 1.358 | 1.566 |
| Fernwärme | 70 | 87 | 99 | 126 | 104 | 114 | 122 | 101 | 113 | 118 | 116 | 113 | 119 | 114 | 136 |
| Kohle | 52 | 35 | 21 | 9,1 | 7,9 | 8,7 | 8,8 | 8,0 | 7,4 | 6,1 | 4,4 | 3,7 | 1,9 | 1,9 | 1,9 |
| Sonstige Konventionelle | 69 | 73 | 55 | 30 | 26 | 29 | 32 | 28 | 31 | 33 | 34 | 34 | 34 | 33 | 38 |
| Erneuerbare Energien | 3,4 | 16 | 38 | 60 | 47 | 48 | 51 | 42 | 47 | 48 | 47 | 48 | 52 | 51 | 84 |
| Insgesamt | 2.255 | 2.446 | 2.518 | 2.721 | 2.269 | 2.407 | 2.521 | 2.178 | 2.338 | 2.423 | 2.406 | 2.392 | 2.470 | 2.396 | 2.697 |



2.2 Gewerbe/Handel/Dienstleistungen

| Energieträger | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Endenergieverbrauch in Gigawattstunden | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strom | 644 | 562 | 566 | 646 | 669 | 670 | 697 | 674 | 679 | 698 | 677 | 701 | 685 | 635 | 598 |
| Heizöl | 390 | 299 | 255 | 221 | 197 | 178 | 185 | 154 | 167 | 168 | 166 | 142 | 139 | 135 | 157 |
| Erdgas | 587 | 573 | 608 | 476 | 380 | 401 | 419 | 282 | 315 | 402 | 425 | 356 | 347 | 342 | 381 |
| Fernwärme | 271 | 255 | 360 | 380 | 303 | 325 | 349 | 277 | 295 | 313 | 321 | 303 | 308 | 282 | 329 |
| Kohle | 42 | 17 | 7,9 | 2,1 | 2,2 | 1,5 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| Sonstige Konventionelle | 34 | 36 | 27 | 15 | 14 | 18 | 21 | 19 | 23 | 25 | 26 | 27 | 28 | 26 | 30 |
| Erneuerbare Energien | 0,2 | 0,6 | 3,0 | 10 | 9,3 | 11 | 12 | 10 | 10 | 11 | 15 | 13 | 14 | 14 | 23 |
| Insgesamt | 1.968 | 1.742 | 1.826 | 1.750 | 1.576 | 1.604 | 1.684 | 1.417 | 1.489 | 1.618 | 1.630 | 1.543 | 1.522 | 1.435 | 1.518 |

2.3 Kommunale Einrichtungen

| Energieträger | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Endenergieverbrauch in Gigawattstunden | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strom | 87 | 83 | 80 | 81 | 79 | 78 | 77 | 76 | 79 | 80 | 84 | 82 | 81 | 76 | 76 |
| Heizöl | 7,1 | 6,8 | 7,3 | 6,0 | 5,9 | 5,9 | 6,9 | 6,0 | 6,2 | 5,9 | 7,0 | 7,0 | 5,0 | 3,9 | 3,7 |
| Erdgas | 76 | 99 | 86 | 88 | 72 | 75 | 80 | 65 | 75 | 74 | 69 | 66 | 67 | 61 | 70 |
| Fernwärme | 43 | 41 | 50 | 54 | 42 | 46 | 47 | 39 | 44 | 53 | 51 | 48 | 49 | 48 | 56 |
| Kohle | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sonstige Konventionelle | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Erneuerbare Energien | 29 | 23 | 20 | 26 | 28 | 28 | 31 | 29 | 30 | 30 | 29 | 28 | 25 | 29 | 29 |
| Insgesamt | 243 | 252 | 243 | 255 | 226 | 231 | 241 | 215 | 235 | 243 | 240 | 231 | 228 | 218 | 235 |

2.4 Industrie

| Energieträger | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Endenergieverbrauch in Gigawattstunden | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strom | 219 | 289 | 422 | 335 | 317 | 293 | 280 | 248 | 228 | 213 | 187 | 172 | 163 | 155 | 164 |
| Heizöl | 265 | 204 | 80 | 50 | 30 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 19 | 14 | 15 | 14 | 17 |
| Erdgas | 243 | 301 | 294 | 346 | 322 | 356 | 367 | 358 | 352 | 302 | 296 | 303 | 304 | 285 | 305 |
| Fernwärme | 3,2 | 7,4 | 6,3 | 5,4 | 4,9 | 4,8 | 4,6 | 4,2 | 4,0 | 3,8 | 3,6 | 3,4 | 3,2 | 2,6 | 2,9 |
| Kohle | 89 | 42 | 39 | 28 | 23 | 19 | 18 | 18 | 17 | 16 | 16 | 16 | 15 | 14 | 17 |
| Sonstige Konventionelle | 2,7 | 3,0 | 2,8 | 3,0 | 3,0 | 2,9 | 2,8 | 2,7 | 2,5 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,3 | 2,2 | 2,5 |
| Erneuerbare Energien | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Insgesamt | 822 | 847 | 844 | 766 | 700 | 688 | 686 | 643 | 616 | 550 | 524 | 511 | 502 | 473 | 507 |

2.5 Verkehr

| Energieträger | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Endenergieverbrauch in Gigawattstunden | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strom | 69 | 71 | 72 | 72 | 71 | 70 | 69 | 69 | 71 | 73 | 71 | 73 | 74 | 70 | 76 |
| Benzin | 936 | 979 | 820 | 709 | 697 | 671 | 651 | 640 | 609 | 601 | 598 | 595 | 604 | 531 | 524 |
| Diesel | 539 | 759 | 903 | 967 | 968 | 973 | 986 | 1.066 | 1.032 | 1.053 | 1.076 | 1.060 | 1.071 | 968 | 983 |
| Erdgas | 0 | 0 | 0 | 4,5 | 4,4 | 4,3 | 2,5 | 2,5 | 2,6 | 2,4 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 2,6 | 4,4 |
| Flüssiggas | 0 | 0 | 1,0 | 14 | 15 | 16 | 16 | 16 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 10 | 9 |
| Kerosin | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Insgesamt | 1.543 | 1.809 | 1.796 | 1.766 | 1.756 | 1.735 | 1.725 | 1.793 | 1.730 | 1.744 | 1.762 | 1.744 | 1.763 | 1.581 | 1.596 |



3. Treibhausgase insgesamt

3.1 Treibhausgase insgesamt nach Energieträgern

| Energieträger | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Treibhausgase in Kilotonnen | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strom | 1.291 | 1.063 | 1.187 | 1.039 | 1.063 | 1.068 | 1.055 | 996 | 961 | 936 | 869 | 861 | 741 | 637 | 697 |
| Heizöl | 353 | 320 | 264 | 221 | 176 | 164 | 169 | 139 | 148 | 146 | 147 | 129 | 140 | 141 | 155 |
| Erdgas | 530 | 571 | 584 | 609 | 501 | 545 | 577 | 476 | 516 | 538 | 538 | 525 | 532 | 506 | 575 |
| Fernwärme | 166 | 77 | 87 | 94 | 73 | 82 | 111 | 62 | 74 | 72 | 71 | 70 | 75 | 72 | 87 |
| Kohle | 83 | 43 | 30 | 17 | 15 | 13 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9,2 | 8,8 | 7,4 | 6,7 | 8,1 |
| Sonstige Konventionelle | 29 | 31 | 24 | 17 | 16 | 18 | 19 | 18 | 20 | 21 | 21 | 21 | 21 | 20 | 22 |
| Erneuerbare Energien | 3,6 | 3,4 | 3,5 | 4,8 | 4,7 | 4,7 | 5,2 | 4,7 | 4,9 | 4,8 | 4,7 | 4,6 | 4,1 | 4,5 | 5,0 |
| Benzin incl. Biobenzin | 300 | 317 | 261 | 219 | 215 | 207 | 201 | 198 | 193 | 191 | 190 | 188 | 189 | 166 | 164 |
| Diesel incl. Biodiesel | 168 | 241 | 283 | 305 | 305 | 306 | 311 | 337 | 327 | 334 | 341 | 335 | 339 | 302 | 309 |
| Insgesamt | 2.924 | 2.667 | 2.723 | 2.526 | 2.369 | 2.408 | 2.463 | 2.242 | 2.254 | 2.252 | 2.191 | 2.142 | 2.049 | 1.854 | 2.020 |

3.2 Treibhausgase insgesamt nach Bereichen

| Energieträger | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Treibhausgase in Kilotonnen | | | | | | | | | | | | | | | |
| Private Haushalte | 915 | 883 | 912 | 891 | 779 | 821 | 847 | 745 | 776 | 780 | 762 | 753 | 735 | 692 | 786 |
| Gewerbe/Handel/Dienstl. | 982 | 709 | 707 | 655 | 636 | 649 | 686 | 584 | 594 | 612 | 586 | 568 | 513 | 453 | 490 |
| Kommunale Einrichtungen | 120 | 97 | 92 | 85 | 80 | 81 | 84 | 74 | 79 | 78 | 76 | 73 | 67 | 60 | 67 |
| Industrie | 381 | 369 | 417 | 322 | 303 | 292 | 283 | 257 | 238 | 211 | 191 | 181 | 165 | 148 | 166 |
| Verkehr | 527 | 609 | 595 | 573 | 571 | 564 | 561 | 582 | 568 | 571 | 575 | 567 | 567 | 501 | 512 |
| Insgesamt | 2.924 | 2.667 | 2.723 | 2.526 | 2.369 | 2.408 | 2.463 | 2.242 | 2.254 | 2.252 | 2.191 | 2.142 | 2.049 | 1.854 | 2.020 |

4. Treibhausgas-Emissionen der Verbrauchssektoren nach Energieträgern

4.1 Private Haushalte

| Energieträger | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Treibhausgase in Kilotonnen | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strom | 403 | 351 | 387 | 343 | 343 | 351 | 344 | 335 | 326 | 318 | 305 | 302 | 262 | 235 | 266 |
| Heizöl | 141 | 157 | 154 | 133 | 102 | 102 | 104 | 83 | 88 | 87 | 86 | 77 | 90 | 92 | 98 |
| Erdgas | 297 | 321 | 329 | 381 | 306 | 336 | 360 | 299 | 330 | 345 | 342 | 345 | 354 | 335 | 387 |
| Fernwärme | 30 | 17 | 17 | 21 | 17 | 19 | 26 | 15 | 18 | 17 | 17 | 17 | 19 | 18 | 23 |
| Kohle | 24 | 16 | 9,2 | 4,0 | 3,5 | 3,9 | 3,9 | 3,5 | 3,3 | 2,6 | 1,9 | 1,6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Sonstige Konventionelle | 19 | 20 | 15 | 8,0 | 7,0 | 7,9 | 8,5 | 7,5 | 8,4 | 9,2 | 9,3 | 9,3 | 9,3 | 9,2 | 10,5 |
| Erneuerbare Energien | 0,1 | 0,6 | 1,1 | 1,6 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,3 |
| Insgesamt | 915 | 883 | 912 | 891 | 779 | 821 | 847 | 745 | 776 | 780 | 762 | 753 | 735 | 692 | 786 |

4.2 Gewerbe/Handel/Dienstleistungen

| Energieträger | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Treibhausgase in Kilotonnen | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strom | 561 | 398 | 397 | 397 | 424 | 432 | 441 | 418 | 407 | 405 | 375 | 382 | 328 | 273 | 282 |
| Heizöl | 125 | 96 | 82 | 71 | 63 | 57 | 59 | 49 | 53 | 54 | 53 | 45 | 44 | 43 | 50 |
| Erdgas | 151 | 147 | 157 | 119 | 95 | 100 | 105 | 71 | 79 | 99 | 105 | 88 | 86 | 84 | 94 |
| Fernwärme | 116 | 51 | 61 | 63 | 49 | 54 | 74 | 41 | 48 | 46 | 46 | 46 | 48 | 45 | 55 |
| Kohle | 19 | 7,7 | 3,5 | 0,9 | 1,0 | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0 | 0,0 |
| Sonstige Konventionelle | 10 | 10 | 7,6 | 4,0 | 3,8 | 4,7 | 5,5 | 5,1 | 6,0 | 6,9 | 7,3 | 7,5 | 7,9 | 7,3 | 8,3 |
| Erneuerbare Energien | 0 | 0 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| Insgesamt | 982 | 709 | 707 | 655 | 636 | 649 | 686 | 584 | 594 | 612 | 586 | 568 | 513 | 453 | 490 |

4.3 Kommunale Einrichtungen

| Energieträger | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Treibhausgase in Kilotonnen | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strom | 76 | 59 | 56 | 50 | 50 | 50 | 49 | 47 | 47 | 47 | 46 | 44 | 39 | 33 | 36 |
| Heizöl | 2,3 | 2,2 | 2,4 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,2 | 1,9 | 2,0 | 1,9 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 1,2 | 1,2 |
| Erdgas | 20 | 25 | 22 | 22 | 18 | 19 | 20 | 16 | 19 | 18 | 17 | 16 | 17 | 15 | 17 |
| Fernwärme | 18 | 8,1 | 8,4 | 8,9 | 6,7 | 7,7 | 10 | 5,8 | 7,1 | 7,8 | 7,3 | 7,3 | 7,6 | 7,7 | 9,3 |
| Kohle | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sonstige Konventionelle | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Erneuerbare Energien | 3,5 | 2,8 | 2,3 | 3,0 | 3,2 | 3,1 | 3,5 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,3 | 3,2 | 2,6 | 3,0 | 3,3 |
| Insgesamt | 120 | 97 | 92 | 85 | 80 | 81 | 84 | 74 | 79 | 78 | 76 | 73 | 67 | 60 | 67 |

4.4 Industrie

| Energieträger | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Treibhausgase in Kilotonnen | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strom | 191 | 205 | 296 | 205 | 201 | 189 | 178 | 154 | 137 | 124 | 103 | 94 | 78 | 67 | 77 |
| Heizöl | 85 | 65 | 26 | 16 | 10 | 3,8 | 3,9 | 3,8 | 3,9 | 3,9 | 6,0 | 4,6 | 4,7 | 4,5 | 5,3 |
| Erdgas | 62 | 77 | 76 | 86 | 81 | 89 | 92 | 90 | 88 | 75 | 73 | 75 | 75 | 70 | 75 |
| Fernwärme | 1,4 | 1,5 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,5 |
| Kohle | 40 | 19 | 17 | 12 | 10 | 8,5 | 8,2 | 7,9 | 7,6 | 7,2 | 7,0 | 6,9 | 6,5 | 5,9 | 7,2 |
| Sonstige Konventionelle | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,7 |
| Erneuerbare Energien | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Insgesamt | 381 | 369 | 417 | 322 | 303 | 292 | 283 | 257 | 238 | 211 | 191 | 181 | 165 | 148 | 166 |

4.5 Verkehr

| Energieträger | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Treibhausgase in Kilotonnen | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strom | 60 | 50 | 50 | 44 | 45 | 45 | 44 | 43 | 43 | 42 | 39 | 40 | 35 | 30 | 36 |
| Benzin | 300 | 317 | 261 | 219 | 215 | 207 | 201 | 198 | 193 | 191 | 190 | 188 | 189 | 166 | 164 |
| Diesel | 168 | 241 | 283 | 305 | 305 | 306 | 311 | 337 | 327 | 334 | 341 | 335 | 339 | 302 | 309 |
| Erdgas | 0 | 0 | 0 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 1,2 |
| Flüssiggas | 0 | 0 | 0,3 | 4,0 | 4,4 | 4,6 | 4,7 | 4,7 | 4,5 | 4,3 | 4,0 | 3,7 | 3,5 | 2,8 | 2,6 |
| Kerosin | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Insgesamt | 527 | 609 | 595 | 573 | 571 | 564 | 561 | 582 | 568 | 571 | 575 | 567 | 567 | 501 | 512 |



